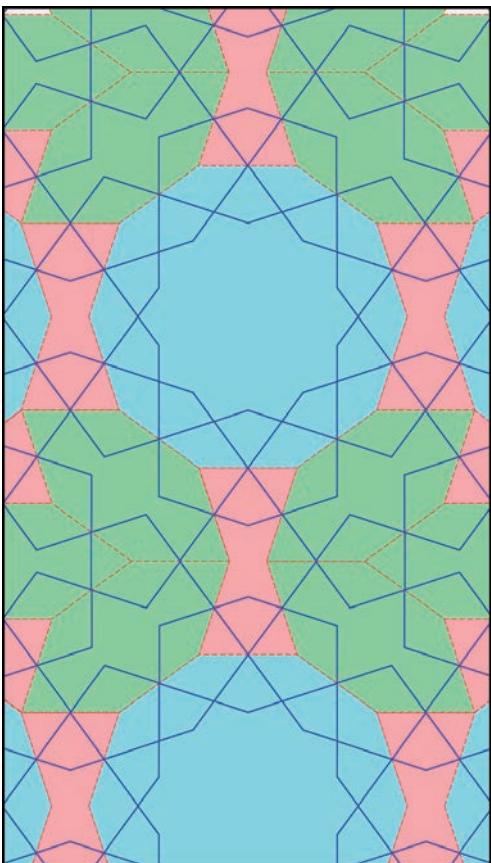
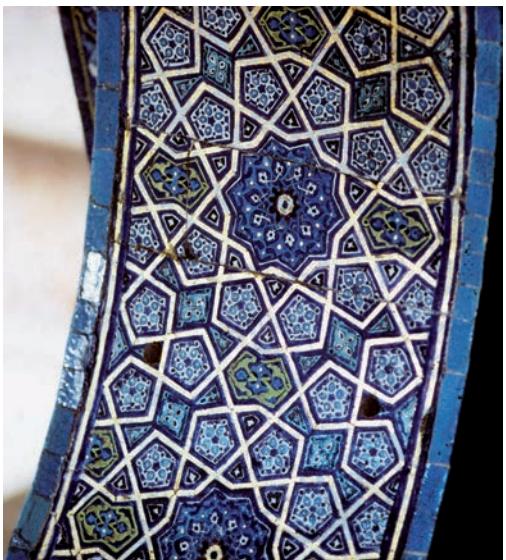


2 Katekismus og kulturudveksling

Den sidste romerske kejser afsættes i år 476. Biblioteket og museet i Alexandria var lukket nogle år før, og Platons (427-347 f.v.t.) akademi i Athen – den længst eksisterende antikke skole – nedlægges også. Kristendommen og dens mænd opfatter disse institutioner som fjendtlige, som spydspidser for hedenskabet. Den sidste leder af biblioteket i Alexandria var den kvindelige matematiker Hypatia (370-415). Hun blev afsat. Nogle få gejstlige forsøgte at samle den viden, som ellers risikerede at gå tabt. I udkanten af det tidligere romerske rige fortsatte bevarelsen af den antikke arv, bl.a. i en række kristne samfund i Syrien. Via disse kom den nu mest ekspansive kultur – den islamisk-arabiske – i tæt kontakt med antikkens viden og filosofi. Der oprettedes lærdoms- og forskningscentre i den arabiske verden, f.eks. i Bagdad, Cairo og Cordoba i Spanien, der var arabisk på det tidspunkt. I disse centre bevaredes og viderefördes den antikke tænkning.

I tiden efter år 1000 begyndte en voldsom oversættelsesaktivitet fra græsk og arabisk til latin. I løbet af nogle århundreder reestablisheredes stort set hele den antikke forskningsresultater i Vesten. Man havde indtil da kun haft kendskab til enkelte af Platons dialoger og en meget lille del af Aristoteles' (384-322 f.v.t.) forfatterskab, ligesom en stor mængde af den græske matematik og astronomi havde været glemt. Først og fremmest Aristoteles, men også Euklid (ca. 300 f.v.t.), Ptolemaios (ca. 100-170 e.v.t.), Galen

Den persiske filosof og videnskabsmand Ibn Sina, kendt som Avicenna i Vesten, skrev hovedværket *Den medicinske kanon* i 900-tallet, hvori han samlede al tilgængelig viden om den græsk-arabiske medicin. Bogen var et referenceværk i mere end 500 år og indeholdt en række nye tanker, bl.a. at tuberkulose og dysenteri var smitsomme, og at sygdomme kunne spredes gennem vand. I dette billede fra kanonen repræsenteres de tre grundlæggende trin i lægebesøget: eksaminationen af patienten, konsultationen med de pårørende og udstedelsen af et medikament eller en behandling.
National Library of Medicine, USA.



(ca. 129-199) og mange andre forskere blev nu tilgængelige for den tænkende og latin-læsende del af samfundet – dvs. først og fremmest dem, der var uddannet inden for kirken. Med fremkomsten af bogtrykkerkunsten i slutningen af middelalderen kunne man mangfoldiggøre og efterhånden distribuere hele den klassiske lærdom. Således var Europa omkring år 1500 tilbage på omdrejningshøjde med situationen fra før, man ”lukkede ned” for den antikke verdens forskning.

Men der var ikke kun tale om retablering. Også værker af arabiske forskere og forfattere blev gjort tilgængelige. De bragte i flere tilfælde afgørende nyt med sig, ligesom kontakten til den muslimsk-arabiske forskning på mange måder blev afgørende for den videre udvikling af den vestlige tænkning og

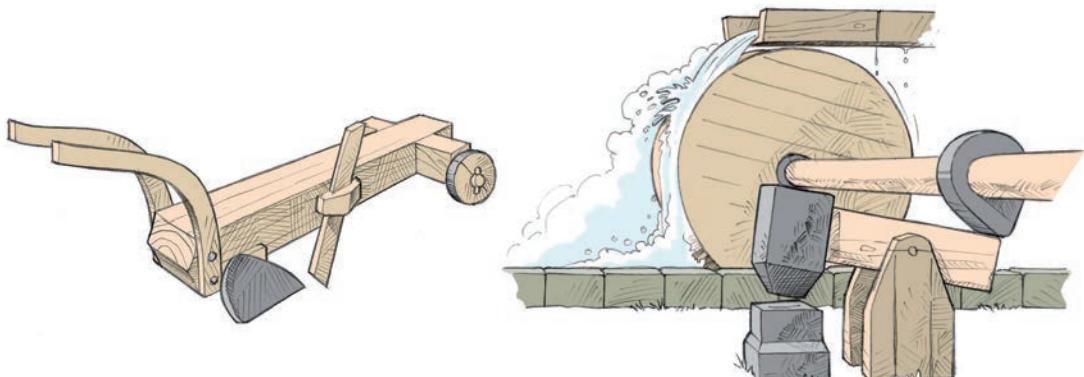
Øverst: På grund af islams billedforbud var arabisk arkitektur og dekorationskunst stærkt abstrakt og baseret på avanceret geometri. Blandt andet kunne man lave ”kvasiperiodiske” mosaikker ved at bruge et sæt bestående af fem såkaldte *girih*-tegl. Her ses en kvasiperiodisk struktur fra en buegang i den ottomanske grønne moske i Bursa (der nu ligger i Tyrkiet) fra 1424. Foto: W.B. Denny.

Nederst: Her ses Bursa-mosaikken i skematisk afbildning. Den matematiske kompleksitet i disse kvasiperiodiske strukturer blev først (gen)opdaget af den engelske matematiker Roger Penrose (f. 1931) og hans Penrose-tegl i 1973. P.J. Lu and P.J. Steinhardt: ”Decagonal and Quasicrystalline Tilings in Medieval Islamic Architecture”, *Science* (2007).

forskning, især inden for medicin og matematik. Her kan f.eks. nævnes indførelsen af et talsystem baseret på nullet – det talsystem, vi har i dag, og som ofte benævnes “arabertallene”.

Håndværkerglæde og opdagertrang

Navnet ”middelalderen” betegner en tidsalder mellem to andre. Spørgsmålet er, om det er retvisende at reducere perioden til en form for mellemstilstand? Svaret er på mange måder nej. Det er klart, at religion og religiøse institutioner dominerede tiden fra det 5. århundrede og frem til ca. år 1500. Meget fra den periode har vi gjort op med, nærmere betegnet alt det, der danner baggrund for betegnelsen ”den sorte middelalder”. Nogle af de mest sigende udtryk for middelalderens kultur er de enorme gotiske katedraler. Men netop disse viser også en anden side af middelalderen: den enorme tekniske formåen. Ser vi på vores situation i dag, er der en række af



Romerne havde brugt en primitiv oksetrukket Y-formet plov, der nærmest kun skrabede i overfladen. Med opfindelsen af den nye plov mellem år 1100-1300 øgedes kornproduktionen til mere end det dobbelte. Den rullede på to hjul og havde et tykt og skarpt plovskær af jern, som borede sig dybt ned i jorden. Bag plovfuren fulgte et let vinklet muldbräat, som vendte jordbunden. Det muliggjorde drening og luftning såvel som godskning. Desuden blev øksen erstattet af heste, der kunne ploje hurtigere. En familie kunne med den nye teknologi ploje langt større jordområder end tidligere, og for hver fire skæpper færdig hvede behøvede man kun at bruge én enkelt som såsæd.

Faldende vand frigør en enorm mængde energi. I middelalderen opfandt man vandmøller, hvis rotation kunne bruges til at kvarne korn eller udføre andre former for arbejde. På det roterende hjul var monteret lange aksler, hvor diverse mekanismer kunne konvertere rotationen til andre former for bevægelse. En af de mest nyttige opfindelser var f.eks. et simpelt ”bump” på et roterende hjul, som det kan ses her. Hver gang hjulet drejer én omgang, kan bumpet skubbe en stang op – og f.eks. få en tung jernhammer til at hamre på en ambolt. Vandkraften og denne lille opfindelse var en væsentlig baggrund for den voksende velstand i middelalderen, og det begyndte at blive anset for enhver bondes pligt at udnytte naturens kræfter til nyttigt arbejde.



På middelalderens hospitaler kunne man kun lave grove operationer såsom amputitioner og sårbehandling. Man brugte vin til at desinficere og opium til at bedøve. Men pile-såret i Kong Harald II's øje ved slaget om Hastings i 1066, der cementerede normannernes erobring af England, kunne man ikke hele. Kong Harald ses yderst til højre . Bayeux-tapetet, omkring 1070.

vores centrale forestillinger om verden og fænomenerne, som vi har arvet fra middelalderen. Man siger tit, at i middelalderen opfandt man opfindelsen. Fra omkring år 1000 startede en periode med et utal af nye tekniske landvindinger: uret, brillerne, vand- og

vindmøller af ny konstruktion, plove, nye typer skibe, nye navigationsinstrumenter, kanoner, stigbøjler og ikke mindst bogtrykkerkunsten.

Antikken havde i høj grad været kendetegnet ved en adskillelse af det manuelle og tekniske fra det teoretiske. Denne adskillelse fortsætte for så vidt i middelalderens skoler, men i bl.a. klostre og håndværkerlaug begyndte man også at koble teori og praksis. Livets mening i middelalderen var ikke kun teoretisk kontemplation og refleksion, heller ikke alene religiøs hengivenhed eller mystisk ekstase. Livets mening var også knyttet til den konkrete aktivitet. Man læste antikke værker om lægevidenskab, men man oprettede også hospitaler og forsøgte at forbedre fortidens lærdom. Man omlagde landbruget, så det gav bedre udbytte, og forbedrede redskaberne. De materielle fremskridt var væsentlige, og idealet for viden var ikke kun at være afsløring af universelle sandheder og universets dybeste hemmeligheder – viden måtte også gerne

være nyttig. Middelalderens glæde ved opfindelsen, ved løsningen af praktiske problemer, har præget den vestlige kultur lige siden. Middelalderen forbindes ofte med ørkesløse disputationer – diskussioner om antallet af himle, om hvor mange enge, der kan sidde på et knappenålshoved osv. – men der er også en anden side: glæden og dygtigheden omkring det praktiske og det tekniske.

På trods af en efter nutidens standard meget ringe viden om verdens indretning var det muligt i middelalderen at starte den proces, vi kalder ”opdagelserne”. Man rejste bl.a. over land, men det store gennembrud var, at man med nye navigations- og måleinstrumenter og nye skibstyper kunne gennemføre endog meget lange rejser over havet. De opdagelsesrejsende var munke og købmænd. De bragte nye instrumenter og opfindelser tilbage, ligesom de skrev om deres oplevelser. Den kendteste er den venetianske købmand Marco Polo (1254-1324), der rejste til Kina. Senere kom selvfølgelig Christoffer Columbus (1451-1506) og opdagelsen af Amerika. Opdagelserne og mødet med fremmede kulturer havde store økonomiske, politiske og tekniske konsekvenser. Det er i høj grad dét, som historien siden middelalderen handler om. Grækerne og romerne rejste også, ligesom de skrev om deres opdagelser. De koloniserede også. Romerne var dominerende i århundreder i Frankrig og meget store dele af England. Men grækerne og romerne var dybest set ikke interesserede i andre kulturer end deres egen, og holdningen var, at de selv var civiliserede, mens de andre var barbarer. Middelalderens opdagelsesrejsende fulgtes af kristne missionærer. De kristne ville ”udrydde” eller ”bekæmpe” muslimerne, sådan som det skete i Spanien, hvor man ved slutningen af middelalderen havde fået uddrevet eller konverteret det muslimsk-arabiske samfund. Men middelalderen udviste også kontakt og samleven. De normanniske fyrster på Sicilien var således sponsorer for kulturelle institutioner, hvor muslimsk-arabisk, jødisk og kristen forskning og tænkning mødtes, og en række store muslimsk-arabiske tænkere og forskere – bl.a. Avicenna (Ibn Sina på arabisk, 980-1037) og Averroes (Ibn Rushd, 1126-98) – fik enorm indflydelse i Europa.

Etableringen af universiteterne

På denne tid opstod der i Vesteuropa også en række institutioner, der ligede de antikke forskningsinstitutioner. Dog adskilte de sig på en række punkter. Først og fremmest var de afhængige af kirken, hvis eksistens og

dominans satte rammerne for deres udfoldelse. Skoler i direkte tilknytning til kirken kaldtes i Danmark katedralskoler. Den vigtigste institution, der opstod, var dog universitetet. Universitetet skulle primært uddanne præster, læger og jurister. Selvom antikkens forskningsinstitutioner ikke havde uddannet folk til bestemte embeder, var indholdet i middelalderens uddannelsesinstitutioner i høj grad bestemt af antikkens lærdom, filosofi og videnskab.

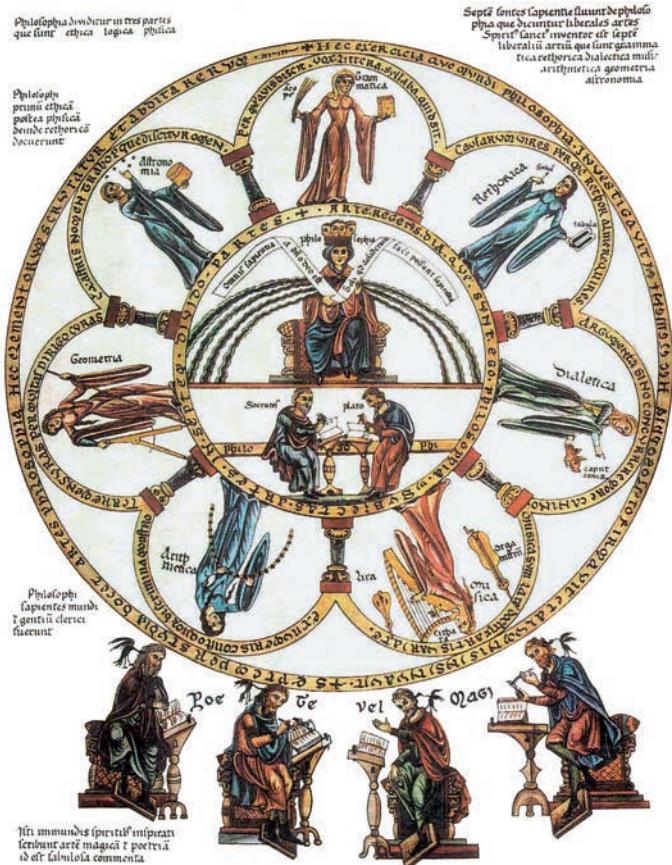
Det, man læste, var først og fremmest de bevarede og nyopdagede antikke værker, og det var herfra, at man fik både viden og et begrebsapparat. Teologien var præget af antikkens filosofi, lægestudiet af Galen og den vide-reudvikling, som hans tanker havde gennemgået hos araberne, og juraen var præget af en sammentænkning af romerretten og kirkelig ret. Den kirkelige ret havde netop udviklet sig under påvirkning af romerretten, men havde også udviklet sig på nye måder, især i forbindelse med de problemstillinger, som en organisation som kirken bød på.

Langsomt opstod to magtformer uden om kirken. Den ene var den verdslige magt i form af kongedømmet. Det var en type suveræn magtinstans, der ikke som sådan var afhængig af kirken, og der var altså ikke tale om ”kirkefyrster”.



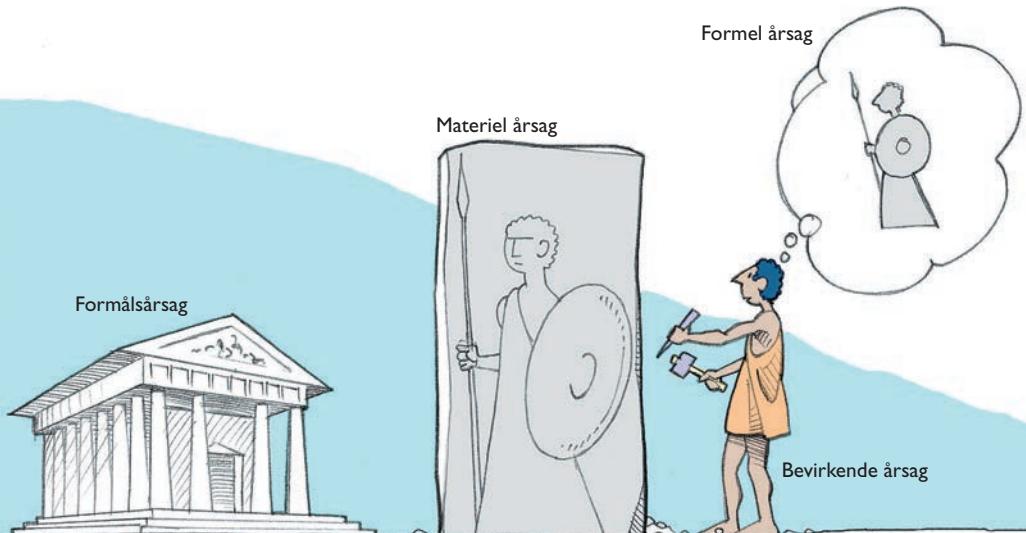
Skolen i Bologna nævnes ofte som et af de første europæiske universiteter. Her underviste bl.a. Henricus de Alemania (1300-tallet) fra katedret. Her ses han afbildet af Laurentius de Voltolina, ca. 1360. Bemærk den allerede dengang varierende grad af interesse fra tilhørerne.

“De syv frie kunster”, fra Hortus deliciarum af Herrad von Landsberg (ca. 1130-95), fra 1180. Øverst ses grammatikken, og derpå kommer (med uret): retorikken, dialektikken, musikken, aritmetikken, geometrien og astronomien.



Den anden var det uafhængige universitet, der igen selvfølgelig ikke kunne tænkes uafhængigt af den kristne religion, men som ikke var underlagt kirken – og som ligesom kongemagten også tit lå i bitter strid med kirken. Universiteternes uafhængighed var da også i høj grad en følge af den verdslige magt: det var kongemagten, der sikrede selvstændigheden i forhold til kirken.

Universitetet var organiseret med ét fakultet, der leverede en grundlæggende uddannelse i de såkaldte “frie kunster”, dvs. de klassiske dannelsesfag organiseret i *trivium* og *quadrivium*. *Trivium* var de discipliner, der havde med redskaber til erkendelse at gøre (grammatik, logik og retorik), og *quadrivium* var de afgørende videnskaber (geometri, aritmetik, astronomi og musik). Derudover var der tre overordnede fakulteter, der uddannede egentlige professionelle – læger, jurister og teologer. De studerende og lærerne havde magten, i stigende omfang lærerne, og forestillingen om en selvstyrende organisation opstod. Der var for så vidt ikke tale om forskning,



Ifølge Aristoteles består en komplet beskrivelse af et naturligt fænomen af fire årsager: den første årsag er den materielle årsag (*causa materialis*), dvs. substratet, hvormed fænomenet er frembragt. Den anden er den formelle årsag (*causa formalis*), den tredje er den bevirkende årsag (*causa efficiens*), og den fjerde er formålsårsagen (*causa finalis*). Tager man en skulptur som eksempel, er marmorstenen den materielle årsag, skulpturen den formelle årsag, skulptøren den bevirkende årsag, og ønsket om at udsmykke templet er formålsårsagen (se også s. 35).

men først og fremmest om at man forelæste og docerede, bestemte lærebygninger, som så i øvrigt blev sat til diskussion.

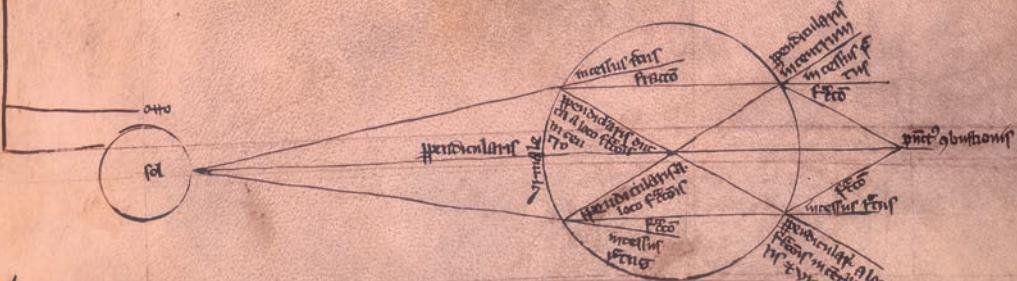
Der dannede sig en forestilling om det, vi stadig kalder akademisk frihed: alt kunne diskuteres, og der var ikke nogen højere autoritet, der kunne afgøre, hvad der var sandt eller falskt. Det måtte afgøres ved undersøgelse af de foreliggende argumenter. Universitetet

var dog autoritetstro i den forstand, at en af de foretrukne akademiske generer var kommentaren. Ved at kommentere et værk af Aristoteles kunne man udfolde sine egne synspunkter, men altid i dialog med autoriteten. Autoritten var ”autoren”, dvs. forfatteren. Kommentatoren var sekundær og tog udgangspunkt i, hvad der allerede forelå af synspunkter og standpunkter.

Lærere og studerende kunne i stort omfang fungere ved forskellige universiteter, da man overalt arbejdede på latin – datidens universelle sprog. Til gengæld var man stærkt hæmmet af, at alt skriftligt materiale måtte fremstilles i håndskrift, typisk af mange skrivere, der skrev efter fælles diktat.

Universitetet udviklede altså ideen om et selvstyrende og selvregulerende samfund, der, inden for visse rammer, var indstillet på at søge sandhed og på at uddanne professionelle, der via deres uddannelse kunne arbejde for samfundet. Fra midten af 1200-tallet skete det i stadigt stigende omfang på basis af et studium af Aristoteles’ skrifter. Det var Aristoteles, der blev udgangs-

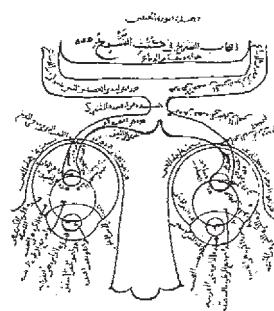
con. Et quod magi aperte ostendit hunc magorum dectum cum ad. utrumque. Quidam
tunc magorum distin' a. etrouali paleo circuimq; cù sive i. in ditionat. linea
nisi quis opere. si. ut sive i. linea nivis. in ea est. quisquis puto. q; est
sive capo nivis. sive i. loco denuo eductus est. natuall major p' d' q' q'
loci minor. q; actus p' aliorum radiu q; sit' significare q; debet ut ait



punkt for den grundlæggende forståelse af, hvad intellektuel aktivitet inden for filosofi og videnskab er for noget. Aristoteles' fire årsager dannede den teoretiske model for, hvordan sund videnskab skulle se ud. Først langt senere, i romantikken, blev universitetet forstået som en institution, der kunne tjene helt andre formål, f.eks. etableringen af national identitet.

Ved visse universiteter specialiserede man sig i bestemte fagområder. Pariser-universitetet var bredt favnende, mens man i Bologna specialiserede sig i jura, i Salamanca og Montpellier i medicin osv. I Oxford optrådte i midten af 1200-tallet også en række forskere, der forsøgte sig med eksperimentel videnskab, dvs. forskning, der ikke kun analyserede andres tekster eller forsøgte at tænke sig frem i dialektiske processer. Det var bl.a. Robert Grosseteste (ca. 1170-1253) og Roger Bacon (1215-92), der studerede lys og linser, hvilket resulterede i de første brugbare briller. De baserede sig i mange sammenhænge på arabiske forskere, først og fremmest Ibn al-Haitham (ca. 965-1040), kaldet Alhazen, som virkede omkring år 1000 i Cairo og især studerede lyset og dets egenskaber, herunder øjet og dets dannelse af billede.

I sin bog *De multiplicatione specierum* beskriver Roger Bacon en adskillelse af magi, som virker gennem suggestion, og naturvidenskab, som virker gennem naturlige årsager. Her ses optik-diagram fra bogen . British Library.



Ibn al-Haitham, kendt som Alhazen, skrev mellem 1000 og 1100 flere afhandlinger om optik, medicin og astronomi. I diagrammerne fra *Optikkens bog* fra 1038 beskriver han de enkelte elementer i det menneskelige øje.

Der var således tale om et omfattende og bredt studium af en lang række empiriske fænomener – fysiske, filosofiske, matematiske, psykologiske, logiske og lingvistiske. Den afgørende forskel i forhold til tidligere var, at man eksplisit søgte praktiske resultater og ønskede at konfrontere sine teorier med eksperimentelle og observerbare forhold. Man havde endnu ikke nogen egentlig målingspraksis, og heller ikke nogen forestilling om, at matematik og matematiske modeller direkte lod sig anvende i eksperimentelle situationer. Måling er typisk en aktivitet, der resulterer i tal, og man tænkte stadig – præget af antikkens grækere – i geometriske modeller, selvom tabeller over observationer blev mere og mere udbredte. Man anvendte måleinstrumenter, f.eks. astrolabiet, og man lavede laboratorieopstillinger, men en egentlig teknisk præcis målepraksis var der ikke tale om. Optik egnede sig til geometrisk behandling, og man undersøgte og fremsatte teorier om f.eks. øjets dannelsel af billede.

Den aristoteliske tænkning, som blev taget for givet, sagde, at man skulle søge efter årsagerne, de materielle, formelle og virkende, og sætte tingene ind i en overordnet formålsbestemt sammenhæng. Når man således skulle forklare regnbuen og dens farver, så man efter de betingelser, den opstod under – det, vi i dag ville kalde begyndelsesbetingelserne. Man søgte dens årsager og mening. Man målte også på brydning af lyset i regndråberne og fandt de to forskellige brydningsgrader, der skaber den dobbelte regnbue. Men man så ikke efter den *generelle* lovmaessighed for lysets brydning.

For den aristotelisk tænkende fysiker er den underliggende



Astrolabiet gør det muligt at beregne Solens og stjernernes positioner på himlen og deres op- og nedgangstidspunkter på en vilkårlig dato og på et hvilket som helst tidspunkt. Det sker ved at simulere bevægelsen i en plan projektion, som er opfundet i det antikke Grækenland. Billedet her viser et persisk astrolabium fra 1800-tallet. Punkterne for enden af de krumme kroge markerer de mest lyse stjerners position. Whipple Museum of the History of Science, Cambridge.

logik et spørgsmål om at finde de rette egenskaber, så man kan udtale sig i subjekt-prædikatsætninger – såsom ”mennesket er et rationelt dyr” – om fænomenernes essens og deres årsager. Der er enorm forskel på dette og så senere tiders begreber om videnskab. For en senere tænker som f.eks. René Descartes (1596-1650) er den underliggende logik en ganske anden. Han ønsker at udtale sig om relationer mellem kvantitative størrelser. Det forudsætter målinger og et algebraisk begreb om en funktion, om et konstant forhold mellem et input og et output – med andre ord det, vi i dag ville kalde en matematisk formulertet naturlov. Det eksperimentelle datagrundlag var for så vidt allerede til stede, idet Ptolemaios havde lavet målinger og tabeller over lysbrydning. Der var bare ingen, der formulerede den simple brydningslov ved hjælp af en trigonometrisk funktion – den lov, som senere bliver udgangspunkt for den forklaring af regnbuen, som Descartes fremlægger i 1637.

Middelalderens teologi, der var den helt afgørende teoretiske disciplin i et samfund præget af organiseret og institutionaliseret religion, baserede sig på læsning og fortolkning af tekster. Samtidig var der en stærk tro på fornuften, der dog ikke kunne forholde sig til de egentlige religiøse mysterier, men måske netop kunne bruges til at indse sin egen begrænsning. Forskere arbejdede med oversættelser og kommentarer, i høj grad hjulpet af latinens status som internationalt sprog. Filosofien blev betegnet som teologiens ”tjenestepige”, og den skulle bidrage til at løse de problemer, som teologerne arbejdede med. Teologerne arbejdede også med sprog og argumentationsteori: grammatik, retorik og logik var discipliner med stor betydning i middelalderen, og de blev formet af deres relation til teologien og den praktiske brug inden for kirkens rammer. I antikken havde deres rolle været præget af den politiske og retslige virkelighed, og man brugte især retorikken som træning i at tale til forsamlinger og i at forelægge en sag for retten. For den middelalderlige tænker var de tre discipliner tæt sammenhørende, idet de alle beskæftigede sig med det naturlige sprog, nemlig latin. At grammatik og retorik var sproglige discipliner, var ikke så kontroversielt – men at logik var det, det var noget nyt. Logik var ikke direkte formulering af sprogregler eller regler for talen, men snarere teorier om, hvad sprog, mening og argumentation egentlig helt grundlæggende var for en type aktiviteter. Logikken blev altså forstået meta-sprogeteoretisk.

Thomas Aquinas (ca. 1225-74) var kirkens største teolog i middelalderen. Han var aristoteliker, men også empiriker, og formåede således at forene kirkens skolastiske tradition med de nye strømninger fra genopdagelsen af den antikke tænkning. Aquinas' såkaldte beviser for Guds eksistens var f.eks. baseret på både teologiske argumenter og erfaringer fra den fysiske verden og formulerede en naturlig teologi, der fik stor indflydelse på både den romersk-katolske kirke og filosofien generelt. Aquinas' fem argumenter blev ligesom Aristoteles' fire årsager anset for at være videnskabelig tænkning af højeste kvalitet, selvom vi i dag snarere ville karakterisere dem som metafysik eller religiøse anskuelser. Men man skal huske på, at tidligere tiders forklaringsmodeller kun efter århundreders opsamling af empirisk materiale og analytisk arbejde kan karakteriseres som uvidenskabelige. I middelalderen var situationen anderledes. Naturvidenskaben var en del af filosofien, og metafysikken var en del af logikken, der skulle tjene teologien.

Fra midten af 1000-tallet og frem til slutningen af 1300-tallet udvikledes en avanceret logik, der omfattede teorier om de mange måder, sprogets dele kan referere til virkeligheden på, de mange måder, man kan argumentere på, og analyser af sprogets forskellige dele – ikke forstået grammatiskt, men ud fra delenes helt forskellige logiske egenskaber. Hvis vi f.eks. analyserer sætningerne “København er navnet på Danmarks hovedstad” og

• Thomas Aquinas' gudsbeviser

I sit hovedværk *Summa Theologiae* (1265-74) fremsætter Thomas Aquinas fem beviser (eller argumenter) for Guds eksistens.

De er som følger:

Bevægelsesargumentet, der siger at alt, hvad der bevæger sig, må være blevet bevæget af noget andet. Derfor må der eksistere en første bevæger, som selv er ubevæget.

Argumentet om en efficient årsag, der siger, at selvensen af alle årsager i universet må skyldes en første årsag. Og denne første årsag er Gud.

Argumentet om den nødvendige eksistens, som siger, at alle ting afhænger af andre ting for at eksistere, og derfor må der væ-

re mindst én ting, som eksisterer forud for dem. Derfor må denne nødvendige eksistens eksistere.

Argumentet om graduering, som siger, at alle ting kan sammenlignes ud fra kvaliteter som godt og ondt, smukt og grimt, osv. Derfor må der eksistere et absolut godt og perfekt væsen.

Designargumentet, også kaldet det teleologiske argument. Det siger, at hele naturens orden ikke kan være blevet skabt tilfældigt og derfor må skyldes en oprindelig og intelligent skaber, som har designet alt det eksisterende (se også s. 372).

“København er en stor by”, er de begge grammatisk set stort set identiske, men logisk set er de helt forskellige. Den ene omhandler byen København, den anden ordet “København”. Hvis vi ved, at den første sætning er korrekt, kan vi slutte følgende: “Danmarks hovedstad er en stor by”, og “København’ er navnet på en stor by”. Men vi kan ikke slutte, at “En stor by” er navnet på Danmarks hovedstad”. Middelalderens logikere interesserede sig for sådanne intrikate samspil mellem sproget og logikken. De havde et fælles sprog at arbejde med, latinen, og de havde en fælles motivation for at beskæftige sig med, hvad der af mange måske kunne opfattes som spidsfindigheder, nemlig den lange række af intrikate fortolkningsproblemer, som kristendommen rejste.

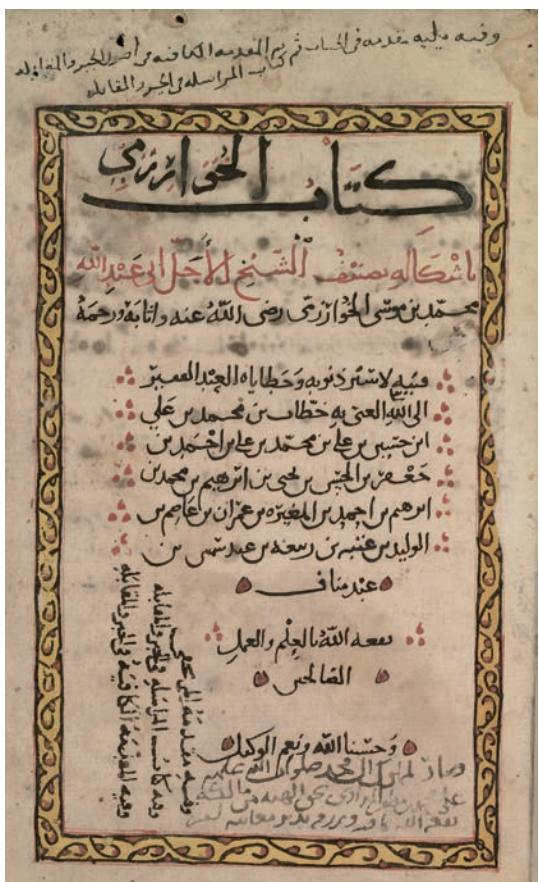
Det arabiske talsystem

En af de ting, vi i allerhøjeste grad kan takke middelalderens mennesker for, er muligheden for at foretage simple beregninger. Det var i middelalderen, at arabertallene blev indført. Det afgørende var ikke selve taltegnenes udseende, altså om man skrev “fem” som 5 eller som V. Det afgørende var først og fremmest nullet, og det dertilhørende positionssystem. I tallet 555 betyder “5” et sted “fem hundrede”, et andet “halvtreds”, og et tredje “fem”, underforstået “fem enere”. 555 skal altså læses $5 \cdot 100 + 5 \cdot 10 + 5 \cdot 1$, og pladserne regnes fra højre mod venstre og baserer sig på potenser af 10 startende med 0. Så 555 kan også skrives $5 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$. Taltegnet 0 benyttes så til at betegne, at der ikke er nogen hundreder, tiere eller enere eller nogen anden potens af 10. Nullet og positionssystemet kan i principippet bruges med alle tal som grundtal – dvs. man kan også bruge potenser af 2, 8, 20 eller hvilke som helst andre tal. Det blev dog 10-tals-systemet, der blev dominerende, selvom reminiscenser af både 12 – og 20-tals-systemer findes den dag i dag.

Tal kunne nu repræsenteres på en simpel måde med et begrænset antal grundlæggende taltegn, ciffer-tegn, nemlig de ti taltegn fra 0 til 9. Med disse kunne der skrives uendeligt mange tal, idet antallet af positioner fra højre mod venstre var ubegrænset. Det var noget nyt, en form for tallenes alfabetisering.

Men endnu vigtigere var det, at denne repræsentation af tal muliggjorde udvikling af skriftlige regnemetoder baseret på simple manipulationer med

taltegnene på papir, det vi i dag tager som en ren selvfolge og lærer i de første skoleår. Med simple regler kan man lægge sammen, gange og dividere. Det kræver kun, at man memorerer nogle få talforhold, først og fremmest den lille tabel. Men i principippet kan man altid “regne” sig frem ved at tælle på fingrene. Man må så også lære noget med menter, der i systemet betyder, at man flytter sig fra en position til en anden. Sådanne operationer havde tidligere været komplicerede og ofte krævet brug af andet end selve taltegnene, f.eks. en abacus, en art kugleramme. I flere hundrede år diskuterede man, hvad der var bedst: regning, som vi kender den, eller brug af kugleramme. I det engelske udtryk “over the counter” findes en sproglig rest af, at handel foregik hen over en “counter”, der netop var en kugleramme. Men med de nye tal kunne man nemt foretage simple beregninger. Det fik enorm betydning for mange mennesker, der nu på en helt anden måde kunne begynde



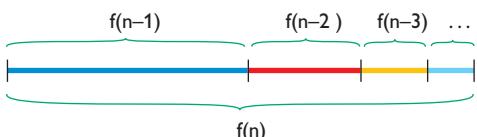
at måle, veje og regne. Købmænd og bygmestre kunne regne, så lange de ting, de arbejdede med, kunne repræsenteres ved tal. Vægt eller antal, længde og højde, alt sammen kunne gøres til tal. Her ligger starten på den form for regning, vi kender som skole-regning. Hvis 50 kg koster 200 kroner, hvad koster så 1 kg?

Selvom nullet har været brugt i flere civilisationer, blev det først for alvor introduceret i den europæiske idehistorie via den persiske matematiker, geograf og astronom Muhammed ibn-Musa al-Khwarizmi (9. årh. e.v.t.). I bogen *Al-Jabr wa-al-Muqabilah*, som denne side kommer fra, udvikler han analytiske løsninger til kvadratiske ligninger. Ordet *algebra* er udledt fra *al-jabr*, som er en af de to operationer, han brugte til at løse kvadratiske ligninger, og som går ud på at fjerne negative størrelser på den ene side og lægge dem til på den anden – det vil i moderne notation f.eks. svare til at omskrive $x^2+4 = 3x-7x^2-1$ til $8x^2+5 = 3x$. Bemærk al-Khwarizmis brug af de tre røde prikker, som i ergo-symbolet · Bodleian Library, Oxford.

Og hvad koster 200 kg osv.? Langsomt blev flere og flere områder underlagt tal og måling, og senere, i 1600-tallet, blev sågar den ellers geometrisk baserede naturvidenskab gjort til tal.

Det tidligst kendte nedskrevne nul stammer fra 683 og findes i Cambodja. I 718 findes der en kinesisk tekst med nuller, skrevet af indiske forskere, der var ansat hos den kinesiske kejser. Omkring 660 kendes fra Syrien omtaler af positionssystemet, men uden nullet. I Indien kendes der indskrifter med nullet fra 870, og helt sikkert er det, at indere, kinesere og araber på den tid brugte systemet. Det var imidlertid araberne, der udviklede systemet til det, vi kender i dag, idet de bl.a. indførte decimalbrøkerne, så man f.eks. kunne skrive $\frac{1}{2}$ som 0,5. Den arabiske matematiker Muhammed ibn-Musa al-Khwarizmi (9. årh. e.v.t.) skriver i begyndelsen af 800-tallet en lærebog i aritmetik, dvs. talbaseret matematik, som senere bliver oversat til latin og danner basis for en væsentlig del af middelalderens regnekunst. Det er efter ham, vi har ordet "algoritme", der er en vestlig forvanskning af hans navn, al-Khwarizmi. I 952 skriver en anden arabisk matematiker i Damaskus, Abu Hasan Al-Uqlidisi (10. årh. e.v.t.), en lærebog om regnekunst, der eksplisit fremlægger algoritmer, dvs. regnemetoder, der alene manipulerer med symboler på papir – og altså undgår brug af sten, streger i sandet eller andre mekaniske hjælpemidler. Det var et skelsættende fremskridt, og først med computernes indtog ca. tusind år senere kan man tale om en lignende fornyelse af regnehjælpemidlerne.

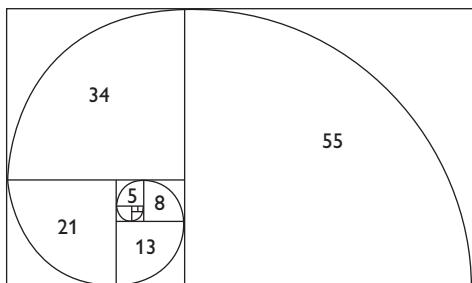
En af de helt afgørende personer, der introducerede de nye tal og de nye regnemuligheder i Europa, var italieneren Leonardo fra Pisa (ca. 1170-1250), kendt som Fibonacci. Han skrev i 1202 en bog om regning, *Liber abbaci*, hvori han gennemgår alle de nye ting, herunder også en masse praktiske problemer. Leonardo var søn af en købmand, der handlede med araberne, og han opholdt sig i perioder i Nordafrika, hvor han givetvis har lært de nye tal og metoder at kende.



$f(n)$ er til $f(n-1)$, som $f(n-1)$ er til $f(n-2)$, hvis $n \gg 1$

Fibonacci-tallene er tæt knyttet til det gyldne snit, fordi det gyldne snit, som forklaret i forrige kapitel (s. 43), kan beskrives som et forhold, hvor summen af to linjesegmenter a og b har samme størrelsesforhold til a , som a har til b . I tilfældet af Fibonaccis talrække konvergerer forholdet mellem to efter hinanden følgende Fibonacci-tal $f(n)$ og $f(n-1)$ mod det gyldne snit for voksende n . F.eks. vil forholdet for det fjerde Fibonacci-tal ($n=4$, $f(n)=3$) være $3/2=1,5$ mens det for det tiende Fibonacci-tal ($n=10$, $f(n)=55$) vil være $55/34 \sim 1,61765$, hvilket ligger tættere på det gyldne snit (som er på $\sim 1,6180339887$).

	5	
	1	1
3	2	



Ud fra Fibonacci-tallene kan man danne en spiral, hvor hvert nyt kvadrat er additionen af de to foregående længder. I naturen findes der utallige eksempler på Fibonacci-lignende former.

Det mest berømte problem, Fibonacci behandler, er spørgsmålet om hvor mange kaniner, der på et år kan avles, hvis udgangspunktet er ét par. Vi antager, at to kaniner kan avle ét nyt par på en måned, og at kaniner kan avle igen efter en måned. Svaret bliver på den basis 377 par på et år. Det følger af denne serie af tal: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, hvor hvert tal er summen af de to foregående (startende med 0 og 1). Det er den såkaldte Fibonacci-serie, der har en række meget interessante – og givetvis af Leonardo ikke erkendte – egenskaber. Samtidig med Fibonacci var en anden matematiker i gang i Paris, Jordanus de Nemore (13. årh. e.v.t.). (Det siges, at der er tale om en kvinde.) Han/hun bidrog også afgørende til etableringen af en vestlig matematik, der var på højde med den arabiske.

Overtro som katalysator for indsigt

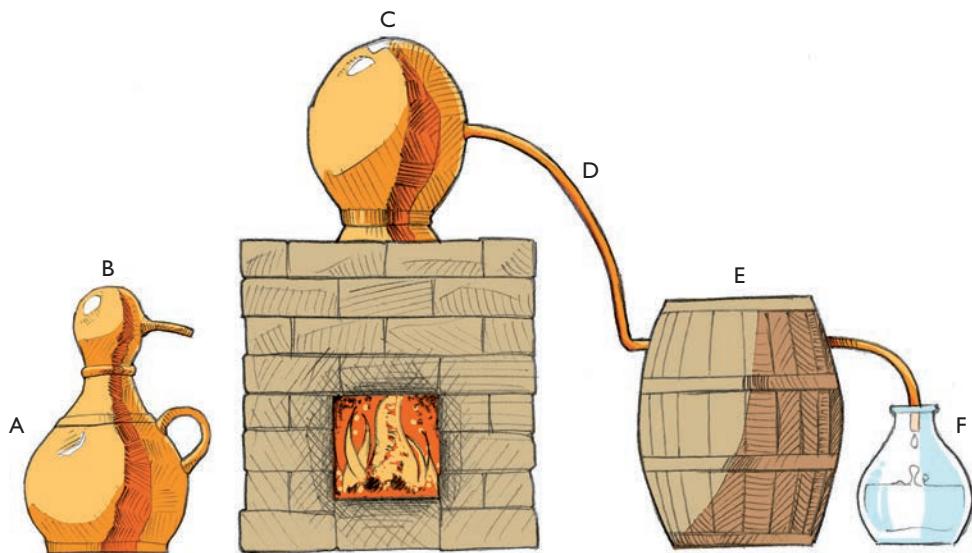
På basis af udviklingen inden for matematikken kunne en række forskere fra midten af 1200-tallet udvikle nye resultater og teknikker. Det førte til mange forbedringer af den fra antikken overtagne videnskab. Man studerede bevægelse og fandt flere resultater, som vi normalt tilskriver den senere såkaldte ”videnskabelige revolution”. En forsker som Nicolas af Oresme (ca. 1320-82) beskrev et legemes frie fald på en ikke-aristotelisk måde. Man ind-

førte induktionsbeviser, noget man var blevet inspireret til af araberne, og kunne derfor håndtere uendelige talfølger. Men meget af denne videnskabelige forskning gik i løbet af 1400- og 1500-tallet i glemmebogen og måtte genopdagtes eller gentages århundreder senere.

I middelalderen fortsatte også arbejdet med de discipliner fra antikken, der senere blev betragtet som overtro. Det drejede sig først og fremmest om astrologi og alkymi, samt visse andre former for magi eller trolddom. Disse aktiviteter var nøje knyttet til forskellige former for religion og mystik. De praktiseredes både af kristne, jøder og muslimer. Megen af denne aktivitet fandt støtte i fortolkninger af Aristoteles og Ptolemaios. Vi opfatter ofte middelalderen som den periode, hvor overtro og trolddom trivedes bedst. Men det var faktisk først i renæssancen, at der rigtigt blev skabt en sammenhængende opfattelse af verden, hvori disse discipliner eksplisit spiller en rolle, en art magisk verdensopfattelse. Der er ingen tvivl om, at et middelalderligt kloster kunne huse mennesker med mange og – set med vore øjne – mærkelige synspunkter. Men som helhed var de middelalderlige klostre centre for praktisk viden og besad en grundlæggende rationel attitude til tilværelsen, under respekt for de kristne sandheder og de overlevende tekster og autoriteter.

Nicolas af Oresme fremførte dog et interessant argument imod astrologen som videnskab. Skulle det være en videnskab, måtte det basere sig på, at himmellegemerne igen og igen indtog bestemte positioner og konfigurationer i forhold til hinanden. Men at gentagelserne skulle være fuldstændig nøjagtige, antog Oresme for usandsynligt. Hans analyse gik ud på, at langt de fleste tal, der repræsenterer forhold imellem himmellegemerne, måtte være irrationale. Himmellegemerne måtte derfor med meget stor sandsynlighed altid stå i nye, ganske lidt anderledes konstellationer i forhold til hinanden, i modstrid med astrologiens antagelser om gentagelser.

Både astrologi og alkymi fremmede på mange måder forskningen, idet begge discipliner krævede pålidelige observationer, og at man udførte forsøg, der gav erfaringer med forskellige stoffer og kemiske processer, f.eks. destillationsprocesser. Flere af de hypoteser, der lå til grund for astrologi og alkymi, var også ”rimelige”, givet visse teoretiske antagelser. Alkymistens ønske om at forvandle uædle metaller til ædle, først og fremmest til guld, blev anskuet og forstået i en aristotelisk sammenhæng. Et uædelt metal havde sine egenskaber qua stoffets form. Det drejede sig således om at finde



en årsag – en af Aristoteles' fire årsager – der kunne deformere stoffet og give det en ny form, guldets form. Jern og guld havde således samme materie, mente man, men forskellig form. "De vises sten" var netop betegnelsen for et stof, der kunne bevirke denne formelle ændring. Formen kunne igen tænkes som en art "ånd", der skulle påvirkes, fjernes eller fornyes. At et stofs egenskaber knyttes til en sådan "ånd", kender vi fra betegnelsen "spiritus", der er det træk ved vinen, der giver den dens særlige virkning. Ved at fjerne den, f.eks. ved destillation, kunne man skille "ånden" ud og efterlade en kedelig væske, og så drikke den særlige, gendannede "åndelige" væske, alkoholen. Noget tilsvarende mente alkymisten skulle være muligt med metaller. Man kunne forædle dem – bemærk udtrykket – og danne guld. For os med vores ideer

Alkymien var en slags proto-videnskab, der kombinerede kemi med astronomi, medicin og mysticisme. Dens oprindelse skal nok findes mindst 3000 år tilbage. I middelalderen fik den stor betydning og blev anset som en seriøs videnskab. Senere blev den bedrevet af blandt andre Isaac Newton (1642-1727) og Tycho Brahe (1546-1601). En af dens mest populære beskæftigelser var nok fremstillingen af *aqua vitae*, livets vand, der var fortynnet ethanol, nærmere betegnet sprut. *Aqua vitae* blev typisk tilberedt ved at destillere vin, og den frembragte væske fik forskellige lokale navne, f.eks. *eau de vie* i Frankrig og *akvavit* i Danmark. På billedet ses en opstilling til varm destillation: en kobberbeholder (A) med hætte (B) lægges i en ovn af mursten, hvorpå destilléringsapparatet (C) er monteret. Et tyndt blikrør (D) fører dampen igennem en tonde (E) med koldt vand, hvorefter alkoholen kondenserer og opfanges i en flaske (F).

Guldsmeden Gutenberg opfandt bogtrykket ved at bruge løse bogstavtyper af bly. Han lavede små støbeformenter, hvori han kunne hælle flydende metal og dermed producere enkelte bogstaver, som så kunne sættes sammen til ord og sætninger og bagefter trykkes med en håndpresse på et stykke papir. Blæk blev smurt hen over de fremstående bogstaver, der blev holdt i en træramme. Efter tryk blev der tilføjet håndmalet ornamentik. Det tog ham to år at færdiggøre sin første bog, Bibelen, der lå klar i 1455.

Incipit epistola sancti Ieronimi ad paulini^m
propositum de oibz divine historie libri.

Capitulo primo

Abaco amboinus tuamchⁱ munuscula preferens detulit sum^t et suauissimas litteras que a principio amicūcias fidei probare iam fidei et veteris amicūcias p̄ferabant. Vera enī illa necessitudo erat p̄i glutino copulata: quā nō utilitas rei familiaris non p̄serita tamū corporis nō subdola et palpās adulato: sed dei timor et diuinitati scripturarū studia conciliant. Legimus in veteribz historiis quodlā luctasse prūnacianos adiisse p̄plos maria trāslisse: ut eos quidq; ex libris inquerat: coram q̄b viderent. Sic pitagoras memphiticos vates sic plato egyptum et architatem tarentinū et amq; orā realie que quondā magna grecia dicitur: labiorissime peraguisse: ut qui athēnēs mīgrerat et p̄tēre cūlūs: doctēnas achadēmē gigantesque p̄fouabār fieret peregrinus atq; discipulus: malens aliena verēcundē disceere: q̄b sua impudentē īgerere. Deniq; cum litteras quasi toto orbe fugientes p̄sequitur: captus a piratis et venindacis et errando crudelissimo paruit. duxus captivus vint et seruus tamētū quia philosophus: maior emerere se fuit ad retinētū. lateo eloquentie fonte mananteū de ultimis hispanie galliarū q; sumibz quodlā venisse nobiles legimus: et quos ad contemplationem sui romā non traxerat: unius hominis fara p̄duxerit. Habuit illa etas inauditum omnibus seculis: celebrandumq; miraculum: ut urēm rācam

ingressi: aliud extra urbē querere. Apollonius sive ille magus ut vulgus loquuntur sive phus ut pitagorici tradunt: etramū p̄las p̄rahuit cauālū albanos sc̄thas: massagetas: opulentissima in die regia penetravit: et ad extēnum latissimo phylon amne trāsum aduenit ad brāguanas: ut hyrcām in throno serenitē aureo: et de tāntali fonte potantem: inter paucos discipulos de natura de moribz ac de cursu dieū et siderū audiret docentem. Inde p̄ claminas: babylonios: chaldeos: medos: assyrios: partchos: syrophenices: arabes: palestinos: reveritus ad aleΞandriā: p̄crevit ad ethiopiam: ut gigantesque p̄fouas: et famosissimam solis mensam videret i labulo. Inuenit ille vir ubiq; quod disceere: et sene proficiens: semper se melior fieret. Scriptū super hoc plenissime qdā volumībus: phylostātūs. **cap. ii.** Quid loquar de seculi hominibz: quum apostolus paulus: vas electionis: et magister gentium: qui de conscientia tanti in se hospitū loquebatur: dicens. An experimentum queritis eius qui in me loquitur critus: post damasum arabianā lustraeū ascenderit iherosolimā ut videtur petrū et mālerit apud eum diebus quindecim. Hoc enim mīsterio elido madis et q̄do adīs: futurū gentium predicator instruendus erat. Cursumq; post annos quaruordecim allumpio barnaba et iro: exposuit cum apostolis euangelium: ne forse i vacuum curreret aut circuīlaret. Habet nescio quid latitudis energie viue vocis adūs: et in aures discipuli de auditoris ore transfusa: sonū sonat. Unde et eschūs: cū rodū regulare: et legere illa deuotissimis

om grundstoffer og atomer osv. er dette måske forrykt, men med et aristotelisk begrebsapparat og den praktiske erfaring med destillation af vin giver det på sin vis god mening.

Teknologiske fremskridt i skrift og bogtryk

I midten af 1400-tallet ændredes vilkårene for intellektuelt arbejde afgørende. Universiteter og klostre havde tidligere været centre for formidlingen af viden og ideer. Man havde baseret sig på forelæsninger og diskussioner, alle sammen baseret på håndskrevne bøger. Disse fremstilles i klostre eller af professionelle kopi-virksomheder. Omkring 1450 blev bogtrykkerkunsten opfundet. Det var tyskeren Johann Gutenberg (ca. 1390-1468), som endelig kunne løse de problemer, der før havde umuliggjort bogtrykket: at støbe ens typer, at udvikle en trykpresse, der kunne sikre masseproduktion, at organisere sætning og trykning osv. Det ændrede fuldstændig vilkårene for produktion og distribution af viden. Samtidig skabtes et uafhængigt system af bogtrykkere og forlæggere, der producerede og handlede med bøger. På få årtier var situationen for tilegnelsen af viden eller spredningen af ideer totalt ændret. Hvor en håndskreven bog havde været ekstremt dyr og stort set utilgængelig i fri handel, så blev bøger nu tilgængelige for større dele af befolkningen. Mange kunne nu selv læse Bibelen, læse Aristoteles og Platon og tilegne sig matematisk, medicinsk eller teknisk viden. Der skabtes mulighed for en debatterende og diskuterende offentlighed, som det blev udnyttet af f.eks. Martin Luther (1483-1546) og Erasmus fra Rotterdam (1469-1536), der i 1500-tallet skrev værker, som blev rene bestsellere. Hele den klassiske videnskab og filosofi blev i løbet af få årtier gjort tilgængelig for alle, der ønskede at studere den. Meget andet end videnskab og filosofi blev selvfølgelig publiceret: skønlitteratur på de enkelte sprog, religiøse værker, værker med folketro og mærkelige teoridannelser, sådan som det også sker i dag.

Bogtrykket spredtes ekstremt hurtigt i Europa. Omkring 1470 var der bogtrykkerier i alle europæiske lande, og kort efter var en omfattende bogproduktion og boghandel en realitet, knyttet til store handelshuse og handelsveje. Kirke og stat forsøgte hurtigt at sætte sig på bogproduktion og distribution – det frie ord var farligt. Men det lykkedes aldrig helt at kontrollere bogen. Der var altid ét eller flere steder, hvor tanker frit kunne

publiceres. Det er i den forbindelse tankevækkende, at trykkefriheden først blev indført i 1849 i Danmark.

Bogtrykket var ved siden af uret middelalderens vigtigste bidrag til udviklingen af den type samfund og civilisation, vi lever i i dag. Med bogtrykket og den tilhørende boghandel skabtes forudsætningerne for, at man kunne leve af at skrive og tænke uden at være afhængig af kirken eller ansat ved universitetet. Denne nye frihed blev af afgørende betydning for den videre udvikling af samfundet, filosofien og videnskaben.